



“焦家式”蚀变岩型深部金矿地质—地球物理模型 ——新技术新方法在金矿深部找矿中的应用

郭国强¹, 贺春艳¹, 刘洪波¹, 张大明²

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 河北省煤田地质局物测地质队, 河北 邢台 054000)

摘要: 焦家断裂带、三山岛断裂带是胶西北区著名的金矿成矿带, 控矿成因类型属典型的“焦家式”蚀变岩型金矿。近年来, 该两大成矿带在勘查研究及深部找矿探索方面取得了一系列重大突破, 其埋藏深、规模大, 充分显示出其深部找矿的巨大潜力。浅部的常规物探方法模型已经建立, 但常规物探在深部找矿中的难度越来越大, 至今仍未总结出的一套适合深部蚀变岩型金矿地质—地球物理模型的有效物探方法。鉴于此, 该文通过在深部找矿中应用较好的新技术新方法的一致性探讨, 并结合成矿地质特征及钻孔资料, 分析建立“焦家式”蚀变岩型深部金矿地质—地球物理模型。

关键词: 胶西北地区; 金矿; 蚀变岩型; 地质—地球物理模型

中图分类号: P618; P510.8

文献标识码: A

引文格式: 郭国强, 贺春艳, 刘洪波, 等. “焦家式”蚀变岩型深部金矿地质—地球物理模型——新技术新方法在金矿深部找矿中的应用[J]. 山东国土资源, 2017, 33(2): 21-27. GUO Guoqiang, HE Chunyan, LIU Hongbo, etc. Application of Geological—geophysical Model in Deep Part of “Jiaojia type” Altered Gold Deposit——Application of New Technology and New Method in Prospecting Deep Deposit [J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(2): 21-27.

胶西北地区是全国重要的金矿集中区, 截至2015年底, 该地区累计查明金金属量(333及以上)4 000 t以上, 跨入世界第三大金矿区。胶西北地区特别是焦家断裂带和三山岛断裂带附近, 以往地质物化探工作程度较高^[1]。尤其20世纪60年代以来, 由于“焦家式金矿”的发现, 山东地矿局及其他系统地勘单位、科研院校和地方矿山都开展了大规模的普查找矿及科研工作, 包括1:25万、1:20万、1:5万及更高比例尺的地质调查, 1:20万、1:5万及更高比例尺的综合物化探以及重点金矿床矿产勘查科研工作。研究范围内包括了基础地质、矿床的控矿因素、成矿规律、成矿作用、成矿条件、成矿时代、成矿模式及综合找矿方法等^[2], 积累了丰富的基础地质、矿产勘查、物探科研及探采资料, 为该次模型的建立奠定了坚实的基础。

1 区域地质背景

胶西北地区大地构造位置^[3]处于华北板块(I级)东南缘、胶辽地块(II级)、胶北隆起(III级)、胶北断隆(IV级)、胶北凸起(V级)和栖霞—马连庄凸起(V级)如图1所示。多期次多成因岩浆活动和以NE向断裂构造为主的构造格架^[4], 构成该区金矿的成矿地质背景。

区内岩石以结晶基底和中生代侵入岩为主, 基底岩系主要由前寒武纪变质岩及侵入其中的中、新元古代侵入体组成。粉子山群为低角闪岩相变质。中生代燕山期侵入岩非常发育, 区内基底构造以近EW向韧性剪切带、片麻理、条带等为主, 脆性断裂以NE向断裂最为发育, 金矿床分布众多。NE及NNE向断裂构造是金矿定位的主体, 尤其是区内三山岛断裂和焦家主干断裂对金矿床的控制作用非常明显^[5]。

收稿日期: 2016-06-23; 修订日期: 2016-09-14; 编辑: 曹丽丽

基金项目: 2013年度山东省地矿局地质勘查项目, 编号kc2013020

作者简介: 郭国强(1980—), 男, 山东金乡人, 工程师, 主要从事物探新技术新方法的应用与研究工作; E-mail: gsr211@163.com

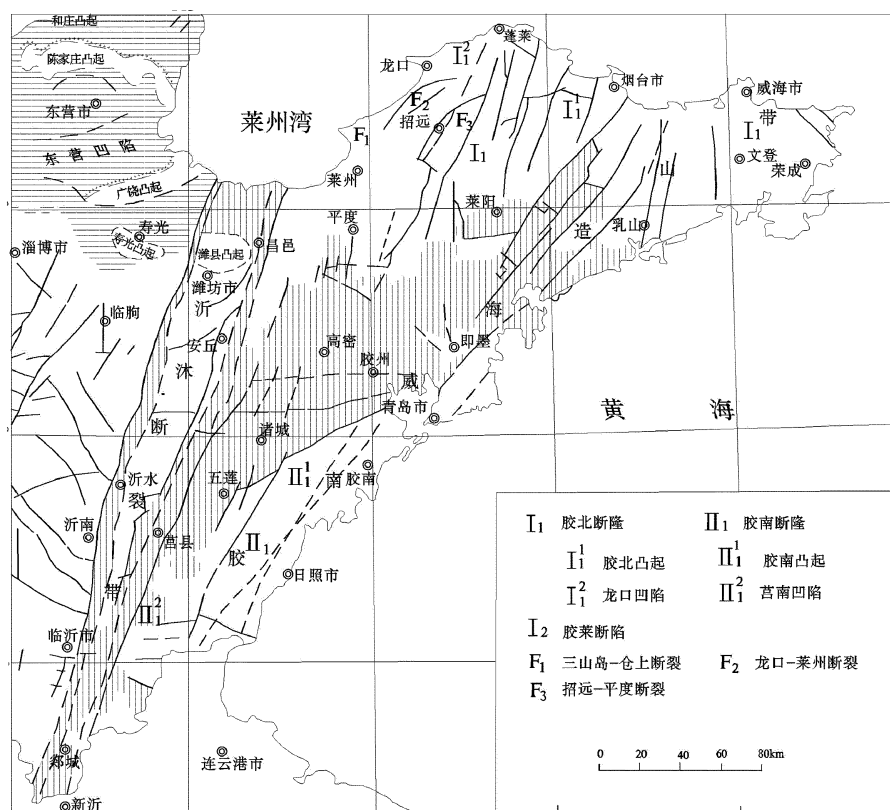


图1 胶西北部区大地构造单元划分图

2 地球物理特征

2.1 电性特征

电阻率特征: 该区岩矿石电阻率分为高阻、中阻、低阻3类。胶西北地区高电阻率岩石主要有玲珑花岗岩、郭家岭花岗闪长岩等,其电阻率平均值一般在 $2\,800\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上,最高可达 $8\,810\ \Omega\cdot\text{m}$ 。其次为蚀变花岗岩及碎裂花岗岩,其电阻率平均值一般为 $800\sim 1\,740\ \Omega\cdot\text{m}$ 。电阻率最低为新太古代变基性岩,电阻率平均值在 $300\ \Omega\cdot\text{m}$ 左右。当岩石经破碎蚀变后,其电阻率比原岩明显降低,反映在视电阻率曲线上会表现为明显的低阻特征,而当破碎带中的岩石硅化程度较高时,视电阻率曲线则会表现为低阻带中的局部高阻。如新城、焦家金矿的富矿石平均电阻率为 $1\,200\sim 1\,740\ \Omega\cdot\text{m}$,个别可达 $7\,500\ \Omega\cdot\text{m}$ 。

极化率特征: 花岗岩及花岗闪长岩的极化率低而稳定,一般在5%以下,新太古代变基性岩则更低,一般4%以下。而岩石经矿化蚀变后,极化率则明显升高,一般在7%以上,蚀变矿化强烈的富矿石

则更高,极化率达20%以上,是各类正常岩石极化率的4~5倍,且随着硫化矿物含量的增加而增大。蚀变岩型金矿金含量往往与硫化物的含量关系密切,呈正相关关系,就是说金含量越高,其极化率也越高。根据这一特性,可利用激电法寻找硫化矿物富集体,以达到间接寻找金矿体的目的^[6]。

2.2 区域重力磁场特征

胶东地区区域重、磁场宏观上反映了区内的区域构造格架、岩浆活动和地层展布特征^[7]。重、磁场走向总体上呈NE—NEE,重力场强度变化大,具有南北成带、带内成块分布的整体特征,区域 ΔT 磁异常特征显示为以低磁异常场为背景,局部有条带状正磁异常发育的特点(图2、图3)。

重力场中,以平度—郭家店—道头—苏家店—大辛店一线的“S”型重力低异常最为显著,形成区域重力低异常核心,最低值为 $-24\times 10^{-5}\text{m/s}^2$,具体表现为中部重力低两侧重力高,中部重力低以郭家店、玲珑、艾山组成的中酸性复式岩体的反映,也是山东省乃至我国金矿的重要分布区和重要产区,周边重

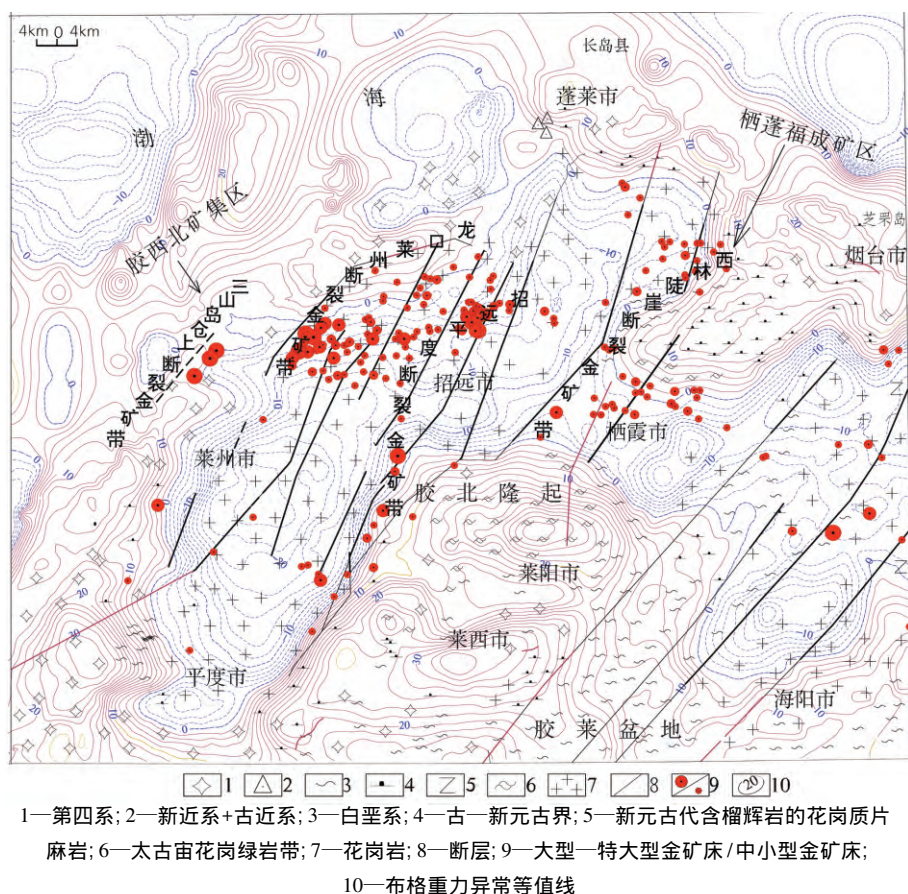


图2 胶东西北部矿集区布格重力异常图

力高是高密度的胶东岩群、荆山群、粉子山群等变质岩系及太古代基性岩的反映。在重力低异常的北侧三山岛—玲珑之间,重力场等值线呈近EW向走向的缓变带,向NE逐渐增高,以 $1 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2/\text{km}$ 梯度向北递增,等值线呈近EW向分布,说明玲珑花岗岩体由南向北逐渐变薄。东西向重力异常主要反映玲珑花岗岩体下的基底构造呈近东西向分布。胶东西北部大部分的特大、大中型金矿床沿该重力缓变带分布(图2)。

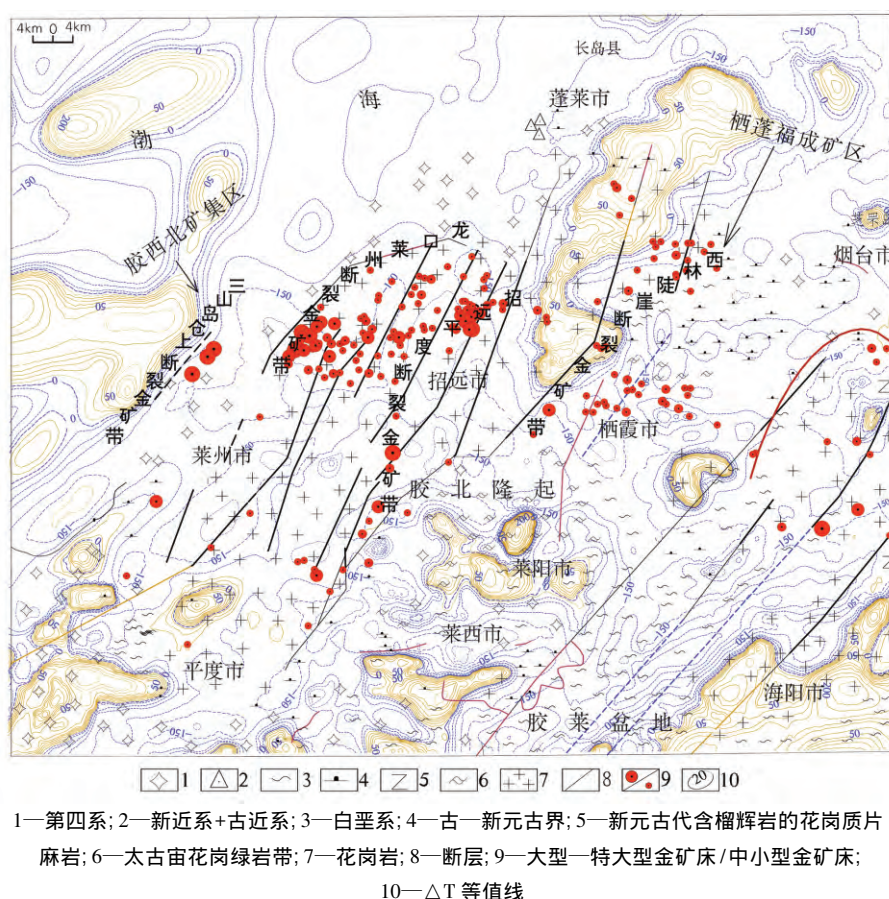
通过金矿床(点)的分布特征可以看出,金矿体的分布与以上岩体间存在密切相关性。矿体的形态和空间分布受花岗岩体分布的控制。绝大部分金矿床直接产在玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩中或其边缘及外接触带中^[8],矿床一般分布在岩体内或周围0~4 km范围内,矿体位于断裂中与围岩呈断层接触。这一地质特征反映在重力场上,则表现为沿岩体与变质岩系的接触带形成了规模巨大的环形重力布格异常等值线梯级带,重力异常梯级带的形态及变化特征,则体现了与金成矿关系密切相关的中酸性岩

体与前寒武纪变质岩系接触带的分布特征。重磁资料显示郭家岭复式岩体总体倾向为SW,而分布在该岩体内或周围的金矿床则绝大多数集中在岩体的西南部,如分布在岩体西北部的仓上、新立、三山岛、马塘、焦家等特大型金矿;分布在岩体南部的夏甸、曹家洼大尹格庄等大型金矿^[9]。

3 CSAMT、MT、重、磁方法一致性、有效性探讨

胶东地区前期开展过大量的重磁电震等物探方法,包括常规的物探方法以及新技术新方法。根据大量找矿生产实践总结一些成熟、有效的胶东西北部地区深部金矿找矿及成矿预测的方法组合:大比例尺高精度重力+大比例尺高精度磁测+CSAMT(AMT、MT)+激发极化法(激电测深、频谱激电测深)+地质物性综合研究。下面以具体试验剖面来探讨一下该组合方法的有效性,该试验剖面布置在有钻孔控制的纱岭金矿的寺庄、前陈家附近。

从图4来看,该试验剖面中CSAMT与MT两种方法地电断面电阻率等值线基本形态变化一致,高

图3 胶东西北部矿集区 ΔT 磁异常平面图

低阻反映明显,相同深度电阻率数值及其展布特征一致,电性差异明显。 ρ_{200} 点附近由大点及小点、由浅及深,过度梯级带清晰可见,该梯级带即是已知焦家断裂带,位于电阻率等值线由低到高的过渡梯级带上^[11]。

重磁异常特征对焦家式蚀变带反映较清晰,上盘表现为低磁、高重力,为前寒武纪变质岩;下盘表现为高磁、低重力,为玲珑花岗岩的反映^[12]。重磁梯级带反映金矿蚀变带位于重磁过度梯级带上。

在SIP法各参数断面等值线图上,断裂带反映为定向延深的条带串珠状低阻带^[13],电阻率值越低反映断裂带矿化蚀变程度愈强烈。断裂带(金矿体)表现为低阻、高充电率、高时间常数、低频率相关系数等异常特征,其上盘为前寒武系变质岩,下盘为玲珑花岗岩。

综上所述,通过对已知剖面综合物探新技术新方法一致性试验,5种方法(4种类型)地层、岩体、构造对应一致,空间展布特征明显清晰,真实反映各地质体的地球物理特征。因此,同时利用该综合物

探新技术方法做剖面勘查是切实可行的。

4 “焦家式”破碎蚀变岩型金矿地质—地球物理找矿模型

通过研究前期资料并结合该次工作成果,建立了“焦家式”蚀变岩型深部金矿综合地质—地球物理找矿模型,为今后开展蚀变岩型金矿找矿研究提供了基础经验及科学依据,其模型如图5所示。

(1) 金矿体(点)位于玲珑花岗岩(黑云母花岗岩)或郭家岭花岗岩(花岗闪长岩)与前寒武纪变质岩地层的断裂接触带部位^[14]。尤其在断裂破碎带的转弯部位、倾角变化明显部位(变缓和变陡)和支断裂交会部位易成大矿。

(2) 重磁异常特征对焦家式蚀变带反映较清晰,上盘表现为低磁、高重力,为前寒武系变质岩;下盘表现为高磁、低重力,为玲珑花岗岩的反映。金矿蚀变带位于重磁过度梯级带上,并伴有低值反映,对应高极化率、中高阻(或低阻)特征。尤其 Δg 梯度带的转弯部位及 Δg 等值线呈“S”型分布的中间段易形成金矿田。磁场 ΔT 值表现为由局部变化的低

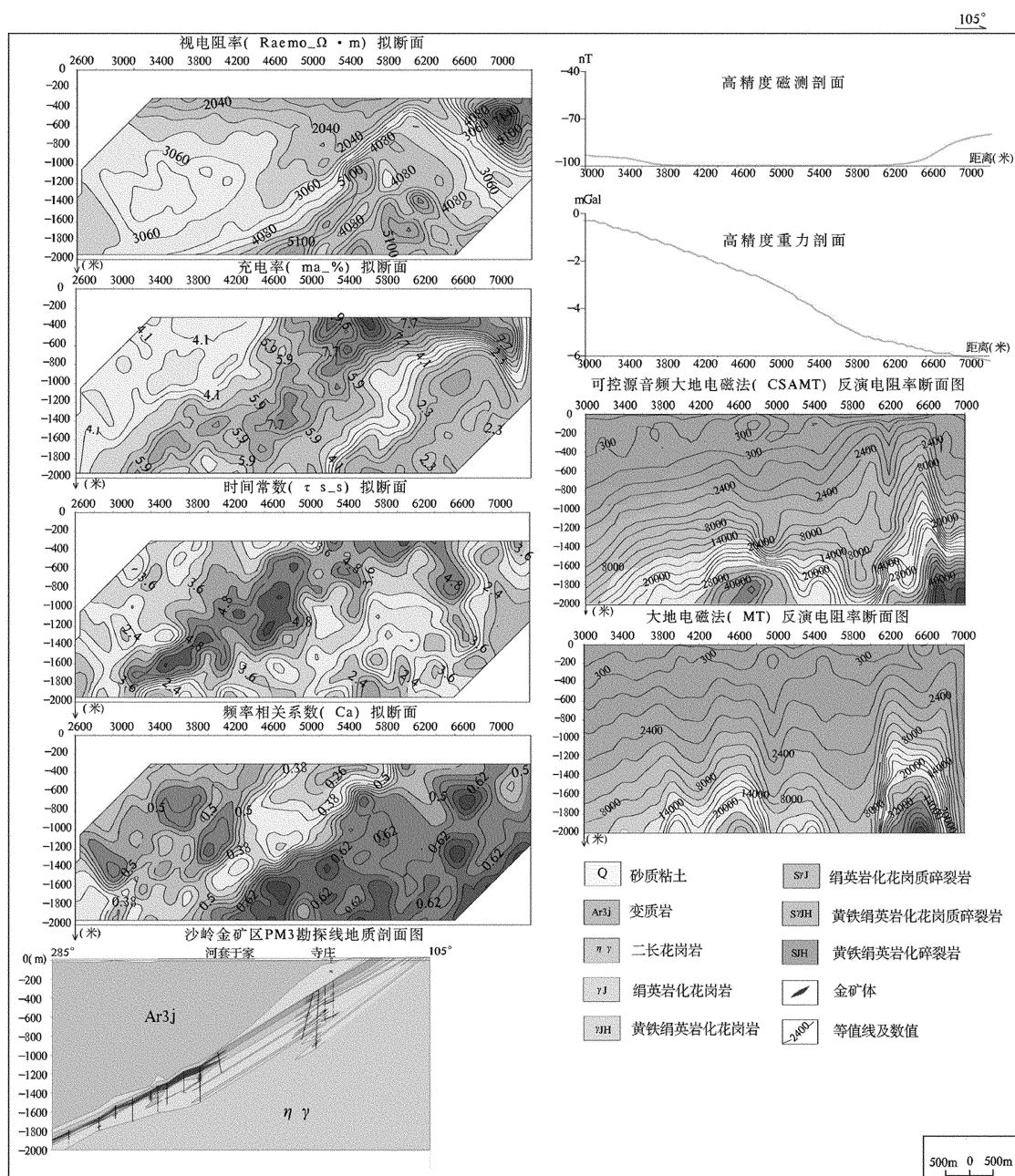


图 4 综合物探新技术方法一致性对比试验

磁场(0~200 nT)向平稳的低负磁场(-50~-100 nT)过渡带,在破碎带的一侧常有 ΔT 为100~200 nT的条带状正异常显示,这种局部的长条状正磁异常主要是侵入的郭家岭花岗岩闪长岩引起的。当变质岩地层是以斜长角闪岩为主时,由于其磁性较强, ΔT 值就表现为由低负磁场(-50~-100 nT)向较强的正磁场100~200 nT过渡(变质岩地层为其他岩性时多表现为低磁异常)。

(3) 在 CSAMT 法电阻率断面等值线图及激电测深 ρ_s 单支曲线来看,断裂蚀变带位于(视)电阻率

等值线由低到高的过渡梯级带上,即花岗岩片麻岩一侧视电阻率明显高,而前寒武纪变质岩一侧视电阻率明显低,在断裂破碎带上(视)电阻率值介于上述高阻与低阻之间。(视)电阻率等值线同步向下弯曲、间距变大及由陡变缓部位为成矿有利部位。

(4) 在 SIP 法电阻率参数断面等值线图上,断裂带反映为定向延深的条带状低阻带,电阻率值越低反映断裂带矿化蚀变程度愈强烈。在等值线拐弯、低阻带局部膨大部位为成矿的有利部位。

(5) 断裂蚀变带在充电率参数断面图及极化率

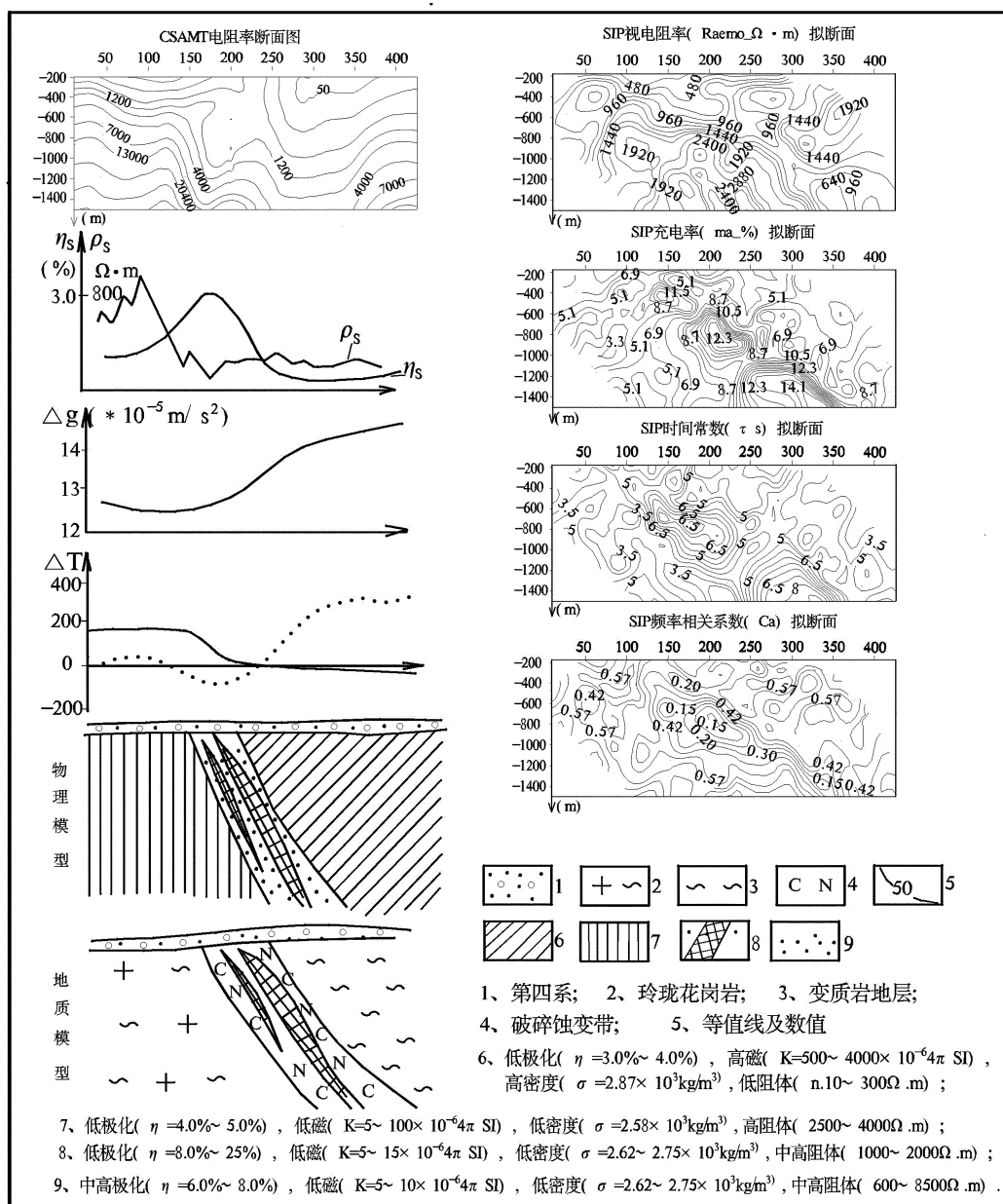


图5 “焦家式”蚀变岩性金矿地质—地球物理深部找矿模型

(η_s) 单支曲线上反映为(定向延深的条带串珠状)高值异常,高值异常是金属硫化物富集体的标志^[15],即为金矿体赋存有利部位的标志。

(6) 高时间常数(τ_a),低相关系数(c_a)为矿化蚀变、金矿体赋存的标志^[16]。

5 结论

(1) 重力勘探对隐伏岩体、深大断裂、区域构造格架及断陷盆地的划分具有较好的作用^[17];高磁对于圈定隐伏岩体,划分老变质岩与侵入岩的接触界

限较有效,尤其是区分磁性差异较大的玲珑超单元与郭家岭超单元体^[18];利用可控源音频大地电磁(CSAMT)法查明控矿断裂构造的深部变化特征,选取成矿有利部位^[19];利用大功率激电测深或频谱激电测深(SIP)圈定深部高极化地质体的空间分布范围^[20]。

(2) 通过在三山岛断裂带仓上、三山岛金矿、焦家断裂带焦家金矿、焦家、寺庄、纱岭金矿、招平断裂带大尹格庄金矿等重点金矿床综合物探方法的对比应用可知,寻找胶西北“焦家式”蚀变岩型深部金矿最佳技术方法组合是:大比例尺高精度重力+大比

例尺高精度磁测+CSAMT(AMT、MT)+激发极化法(激电测深、频谱激电测深)。

(3)前人的研究成果为该次“焦家式”蚀变岩型深部金矿地质—地球物理模型的建立提供了基础资料,结合该次综合物探研究建立的该找矿模型具有类比性和外推性,为今后在深部找矿中寻找蚀变岩型金矿起到了提纲挈领的作用,具有很大的借鉴意义。借助该模型,可以迅速精选施工方法,少走弯路,更有针对性,以较少的人力、物力、财力达到最佳的找矿效果。

参考文献:

- [1] 智云宝,郭瑞朋,王瑞刚,等.综合物化探方法在焦家断裂带南延中的应用[J].物探与化探,2014,38(6):1176-1180.
- [2] 吕古贤,孙之夫,赵海等.胶东金矿田地质特征、成矿规律与深部预测[J].矿物学报,2011,31(5):969-970.
- [3] 黄先春,李山,鲍中义,等.招平断裂带蚀变岩非镜像对称特征及地质意义[J].山东国土资源,2016,32(5):26-31.
- [4] 张晓飞,孙爱群,牛树银,等.胶东焦家金矿田成矿构造及控矿作用分析[J].黄金科学技术,2012,26(3):18-22.
- [5] 曹春国,于义文,郭国强,等.综合物探技术在三山岛断裂带与焦家断裂带在深部成矿模式中的应用[J].山东国土资源,2012,28(4):20-25.
- [6] 刘四川,孙忠实,杨永强,等.山东招远—平度断裂破碎蚀变岩型矿石类型划分[J].山东国土资源,2012,28(3):9-11.
- [7] 李洪奎,李大鹏,耿科,等.胶东地区燕山期岩浆活动及其构造环境[J].地质学报,2016,91(1):163-179.
- [8] 沈远超,李厚民,刘铁兵,等.胶西北焦家式金矿化类型及研究意义[J].地质与勘探,2011,31(1):11-13.
- [9] 宋明春,宋英昕,崔书学,等.胶东焦家特大型金矿床深、浅部矿体特征对比[J].矿床地质,2011,30(5):924-931.
- [10] 汤井田,何继善.应用地球物理[M].北京:科学出版社,2011.
- [11] 贺春艳,郭国强,刘聪伟,等.焦家断裂带南部覆盖区控矿构造带的研究及成矿前景分析[J].山东国土资源,2015,31(7):19-24.
- [12] 宋明春.胶东金矿深部找矿主要成果和关键理论技术进展[J].地质通报,2015,34(9):1758-1771.
- [13] 曹秀华,孟庆旺,曹亚阳.综合物探方法在焦家断裂南段金矿找矿中的应用[J].山东国土资源,2016,32(8):66-73.
- [14] 嵇传源,李洪奎,于学峰,等.胶东地区与金矿成矿有关的中生代侵入岩岩石构造组合类型划分[J].山东国土资源,2014,30(6):1-8.
- [15] 苏旭亮.文登市侯家地区金矿特征及找矿前景分析[J].山东国土资源,2014,30(2):20-28.
- [16] 曹春国,冯国彦,刘红.频谱激电法(SIP)在深部金属矿探测中的原理与应用[J].山东国土资源,2009,25(9):41-45.
- [17] 李春芳,吕福林.物探找隐伏矿的几个技术问题[J].黑龙江科技信息,2014,37(10):51-51.
- [18] 沈金松.普通物探教程—重、磁、电勘探方法[M].石油工业出版社,2014.
- [19] 汤井田,何继善.可控源音频大地电磁法及其应用[M].长沙:中南大学出版社,2009.
- [20] 曹春国,黄文院.综合物探方法在深部找矿工作中的应用[J].山东国土资源,2010,26(4):16-19.

Application of Geological and Geophysical Model in Deep Part of "Jiaojia type" Altered Gold Deposit

——Application of New Technology and New Method in Prospecting Deep Deposit

GUO Guoqiang¹, HE Chunyan¹, LIU Hongbo¹, ZHANG Daming²

(1. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Geophysical Prospecting, Surveying and Geological Exploration Team, Hebei Bureau of Coal Geological Exploration, Xingtai Hebei 054000)

Abstract: Jiaojia fault belt and Sanshandao fault belt are famous gold mineralization belts in northwest region. Its ore-controlling type belongs to typical "Jiaojia type" altered gold deposit. In recent years, a series of major breakthroughs have made in the exploration in these two major metallogenic belts. Its hidden depth and large scale have fully showed the great potential. Conventional geophysical method of shallow ore prospecting model has been established. But conventional geophysical prospecting in deep ore prospecting has become more and more difficult. An effective geophysical method which is suitable for geological geophysical model in deep altered type gold deposit still can not be summarized. In view of this, through study on the application of new technologies and new methods for deep ore prospecting, combining with qualitative characteristics and drilling data, the analysis, geological—geophysical model of "Jiaojia type" deep altered type gold deposit has been establishment.

Key words: Northwestern China; gold deposit; altered rock type; geological—geophysical model